

熱帯太平洋の水溫・塩分変動の特徴とその大気海洋相互作用および海面高度変動との関連

| | |
|--------|---|
| 著者 | 安藤 健太郎 |
| 号 | 45 |
| 学位授与番号 | 1177 |
| URL | http://hdl.handle.net/10097/38987 |

| | |
|-------------|--|
| 氏 名・（本 籍） | あん どう けん た ろ う 安 藤 健太郎 |
| 学 位 の 種 類 | 博 士（理 学） |
| 学 位 記 番 号 | 理 第 1 1 7 7 号 |
| 学位授与年月日 | 平 成 14 年 1 月 16 日 |
| 学位授与の要件 | 学位規則第4条第2項該当 |
| 研 究 科，専 攻 | 昭和63年3月31日東北大学大学院理学研究科（博士課程前期2年の課程） 地球物理学専攻修了 |
| 学 位 論 文 題 目 | 熱帯太平洋の水温・塩分変動の特徴とその大気海洋相互作用および海面高度変動との関連 |
| 論 文 審 査 委 員 | （主査） 教 授 花 輪 公 雄 教 授 川 村 宏，岩 崎 俊 樹 助教授 須 賀 利 雄，江 淵 直 人 |

論 文 内 容 要 旨

本研究は、熱帯域における塩分変動の重要性を指摘し、海洋への影響を具体的に解析することを目的とした。

第1章で、本研究の目的を述べた。これまでは、塩分は主として物理的に保存される量として扱われており、水塊分析を通じて、海洋循環の理解に使われてきた。しかし、塩分の変動も、水温の変動と同様に密度の変動に寄与しており、特に、実際に水温の変動が小さい赤道太平洋の暖水プール域においては、塩分の変動による密度変動が、熱力学的にも、力学的にも無視できない。本研究では、熱帯太平洋における塩分変動の特徴を議論し、大気海洋相互作用と海面力学高度に及ぼす影響を考慮することを目的としている。

第2章では、経年変動スケールに着目し、歴史的な表層の水温・塩分データ、主として、CTD（電気伝導度、温度、水深計）データを9000プロファイル収集し、その中で表層の水温・塩分の経年変動に関して分析した。特に、表層の低い塩分により浅い混合層と温度躍層上端の間に生成されるバリエイヤーに注目し、バリエイヤーが経年変動のスケールでエル・ニーニョに関連して変動することを示した。エル・ニーニョ時には、高温・低塩の混合層が中央太平洋から東太平洋で、厚いバリエイヤーを伴って現れることが示された。この時、中央太平洋から東太平洋で降雨が増加し、貿易風が弱まっており、大気との強い関連が示された。逆にラ・ニーニャ時には、中央太平洋は低温化し、暖水プールは西部にのみ現れ、厚いバリエイヤーも東経160度以西にのみ見られた。統計的には、20度から30度と海面水温が上がるにつれて、バリエイヤーの出現頻度も増加し、バリエイヤーが海面水温を高くする要因の一つであることが示唆された。この関係は、表面水と温度躍層との間にあるバリエイヤーが厚い場合、鉛直拡散効果が弱まることでエントレイメントによる冷却を減少させていることが考えられた。大気海洋相互作用という観点では、混合層の水温が変化し、その結果降雨に影響を与え、従って混合層の塩分を変化させ、さらに水温へ影響を与えるというフィードバック機構が考えられた。これは、経年変動の

時間スケールで、混合層水温の熱バランスと海洋上の水文過程とが関連していることを意味する。このような大気と海洋のフィードバックは、特にエル・ニーニョの予報精度の向上という課題にとって、重要であり、このような塩分を含めた大気海洋相互作用の解明が必要となることを議論した。

第3章では、第2章で扱った経年変動スケールより短い時間スケールである季節変動のスケールに着目し、トライトンブイで得られた水温・塩分データを解析した。解析データは、1999年3月から2000年4月に取得されたブイデータの表層温度・塩分データである。生のデータにおいて、海面水温の上昇とともに塩分が減少する場合と塩分が増加する場合が見られる。経験的直交関数（EOF）解析を各ブイの表層（1.5mから50mまで）について行ったところ、水温の上昇とともに塩分が減少する（または、その逆）モード（負相関モード）と水温の上昇とともに塩分が増加するモード（正相関モード）の二つを抽出した。これをT-S図に焼き直すと、負相関モードは等密度線を横切り密度を変化させるモードであることがわかり、また、正相関モードは密度を変化させにくいモードであることがわかった。両方のモードとも、季節変動と思われる変動と季節内変動の時間スケールでそれぞれ変動が見られた。

季節変動のスケールでは、北緯5度東経156度の地点で秋から冬にかけて高温・低塩化する現象が第1モードとして顕著に見られた。これにより、表面の密度が軽くなり、100db基準の海面力学高度に強く影響し、500db基準の海面力学高度変動の3分の1を説明することがわかった。これは、表層の地衡流速変動の3割程度が高温・低塩化を示す第1モードと強く関連していることとなり、表層流速場への影響も大きいことがわかった。

南緯5度東経156度の地点では、逆に高温・高塩化する現象が第1モード（寄与率37%）として存在し、1999年7月から8月にかけて低温・低塩化し、1999年11月から12月にかけて、高温・高塩化する。このモードは、密度変動に影響しない変動であるため、100db基準の海面力学高度に影響しない。むしろ、寄与率が26%の高温・低塩化する第2モードが11月から3月にかけて30日程度の変動を示し、これが密度変動と関連する。

西部熱帯太平洋の表層では、水温変動と塩分変動が密度変動に同様に寄与するため、両方の変動パターンがいかにして起こっているかということが、表層の密度変動すなわち力学高度にとって重要であるかを例として示すことが出来た。大気・海洋間の熱や水のやりとりの結果として、これらのモードがあるならば、この海域では大気・海洋間の熱・水収支が海洋循環へ大きく寄与している可能性がある。

最後に、4章でエル・ニーニョの発生に重要とされている季節内変動の時間スケールに着目し、2001年6月下旬に発生した大気の大規模なマッデン・ジュリアン振動（MJO）に伴う海洋応答を実際に観測されたデータを元に記述した。7月上旬には日付変更線を中心として、海面水温場、海上風、外向き放射（OLR）および温度躍層の分布からは、大気と海洋が結合している様子が伺えたが、2章で議論したHydrological Feedback仮説の立証については現段階のデータからはわからなかった。MJOに伴う東経156度線の水温・塩分の変動の記述からは、MJOの西風に伴い赤道上に激しい混合がおこり、混合層が深くなり、その後、エクマン収束による躍層の変化が見られ、同時に水温が低化、塩分が増加後に減少した。その後、暖水プールの東進と共に低温化・低塩化した。東進後は、海面水温と海面塩分は比較的小規模な大気の強制場とバランスしている様子が伺え、暖水プールとの相対的な位置などによって、熱および水のバランスが変わることが示唆された。

第5章では、本研究のまとめを行った。本研究を通じて、熱帯太平洋の暖水プール域における塩分変動は、水温変動が小さいため密度変動への寄与が無視できず、そのため、塩分変動による海洋構造の変化が、熱力学的過程や力学的な過程に影響していることを示すことができた。

今後の課題としては、まず、2章で議論したHydrological Feedbackの仮説を立証するためには広域なブイデータもしくは衛星データによる混合層過程を含む水収支解析が必要と思われる。このような解析から

暖水プール域の海面水温形成のプロセスを明らかにし、現在の大気海洋結合モデルの精度向上に貢献できると考える。

また、3章で議論した塩分（水温・塩分変動の力学高度への影響であるが、これは、例えば降雨などの大気による海洋への影響が直接表層海流系を変化させる可能性を示している。この塩分による海流系の変動が、エル・ニーニョに伴う暖水プールの東西移動に貢献しているかどうか解析することは、エルニーニョの発生等に重要であると考ええる。

4章で議論した大気の季節内変動（MJO）による海洋応答に関しては、エル・ニーニョ発生に伴い、幾つかのMJOによりケルビン波が励起され、それが少しずつ暖水プールを東進させている。MJOによる暖水プールの熱の再配分を観測データから見積もり、大気の強制場による海洋の応答を調べることは、エル・ニーニョの発生を理解する上で重要であると考ええる。

最後に、本研究の延長線上には、エル・ニーニョ予報精度の向上に最終的な目的がある。そのためには、本文でふれていないが、赤道域と赤道外との関係を把握する必要がある。エル・ニーニョのRecharge-Discharge振動説によれば、エルニーニョ発生前には、赤道域全体で著熱量が増大し、エル・ニーニョ後には減少する。これは、赤道域だけを見ていては、エル・ニーニョの予報は出来ないことを意味する。既に開始されているArgo計画によるデータとタオ／トライトンのデータをあわせて解析する必要があると考える。

論文審査の結果の要旨

太平洋熱帯域は、数年おきに全球の気候に影響を与えるエルニーニョ／南方振動が発生するなど、大気と海洋が活発に相互作用している領域である。従来、この相互作用においては、表層の水温のみが主要な働きをしていると考えられてきたが、近年、水温とともに、海水の密度を決めている塩分の役割の重要性が指摘されてきた。

安藤健太郎提出の学位論文は、太平洋熱帯域の海洋変動における塩分の役割を、既存の高鉛直分解能海洋観測資料、ならびに同人が観測の立ち上げに深く関与してきたトライトンブイによる資料を用いて詳細に明らかにすることを試みたものである。

まず、既存の海洋観測資料から、バリエイヤーと呼ばれる混合層下部の塩分遷移層に焦点をあてて解析した。その結果、エルニーニョやラニーニャなどの経年変動の時間スケールで、バリエイヤーが存在する領域やその厚さなどが、統計的に有意に変化することを見出した。すなわち、エルニーニョ時は高温・低塩の混合層の下に、厚いバリエイヤーが中央太平洋から東部太平洋に出現する。一方、ラニーニャ時には、東経160度以西の西部太平洋にのみバリエイヤーが出現する。さらにバリエイヤーの厚さは表層水温に比例していることが見出された。このことは、混合層の水温上昇、大気の大気対流活動の活発化による降水の増加、低塩化による海洋表層での混合過程の弱化、したがって混合層の更なる水温上昇という大気海洋間の正のフィードバック機構を強く示唆するものである。

次に、トライトンブイの時系列資料を用いて、季節および季節内の時間スケールでの塩分変動と、海面高度への寄与を考察した。その結果、赤道より北の海域で、表層水温の上昇とともに塩分が減少するモードと、赤道より南の海域で、逆に塩分が増加するモードが存在していることを見出した。前者のモードは密度変化を伴わないため海面高度への寄与が小さい。一方、後者のモードは、その逆であり大きな海面高度変化を引き起こす。このことは、塩分変動が海洋表層の流れの場をも大きく支配していることを意味している。

以上のように、本論文は、太平洋熱帯域の大気海洋相互作用や海洋変動において、塩分の役割が極めて大きいことの一端を示したものであり、本人が自立して研究活動を行うに必要な高度の研究能力と学識を有することを示している。よって、安藤健太郎提出の博士論文は、博士（理学）の学位論文として合格と認める。